

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-340141

(43)Date of publication of application : 24.12.1996

(51)Int.Cl. H01S 3/098
H01S 3/18

(21)Application number : 08-050290 (71)Applicant : AT & T IPM CORP

(22)Date of filing : 07.03.1996 (72)Inventor : KNOX WAYNE H

(30)Priority

Priority number : 95 404664 Priority date : 15.03.1995 Priority country : US

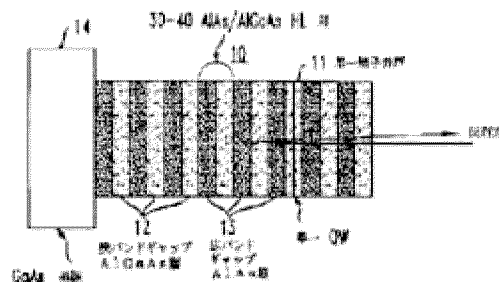
(54) MODE-LOCKED LASER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a saturable absorber which is low in optical losses and easily manufactured by a method, wherein a nonlinear reflector where one or more semiconductor quantum wells are incorporated is provided in a standard semiconductor 1/4-wavelength stacked reflector.

SOLUTION: A single quantum well 11 is grown in a reflecting structure. In each element, this Bragg reflector includes a series of material layers of different refractive indexes which are alternately laminated. A

heterostructure pair 10 of 30 to 40 layered AlAs/AlGaAs is formed through in a manner such that wide energy band-gap layers 13 and narrow energy band-gap layers 12 are laminated alternately in 30 to 40 pairs. The layers which are each as thick as 1/4 wavelength (that is, 1/4 as long as the optical path) are formed into stacks and serve as a mirror whose reflectance is 1 or so. The 30 to 40 paired AlAs/AlGaAs layers 10 serve as a reflector.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-340141

(43)公開日 平成8年(1996)12月24日

(51)Int.Cl.⁴H 0 1 S 3/098
3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 S 3/098
3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平8-50290

(22)出願日 平成8年(1996)3月7日

(31)優先権主張番号 4 0 4 6 6 4

(32)優先日 1995年3月15日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 595119464

エイ・ティ・アンド・ティ・アイピーエ
ム・コーポレーション
アメリカ合衆国, 33134 フロリダ, コー
ラル ゲーブルズ, ボンス ド レオン
ブウルヴァード 2333(72)発明者 ワイン ハーヴェイ ノックス
アメリカ合衆国, ニュージャージー, モン
マウス, ラムソン, パーク アヴェニュー
15

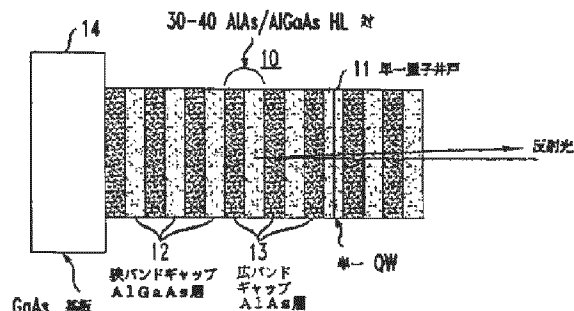
(74)代理人 弁理士 三俣 弘文

(54)【発明の名称】 モードロックレーザ装置

(57)【要約】

【課題】 光学損失が少ない可飽和吸収体を提供する。

【解決手段】 本発明によれば、標準の半導体製1/4波長スタックリフレクタ内に1つあるいは複数の半導体量子井戸を組み込んだ非線形リフレクタを有する。この非線形リフレクタは、可飽和ブラグリフレクタと称し、光強度依存性の応答を示す、この応答特性によりレーザのメインの発振キャビティ内の可飽和吸収体用として使用することができる。非線形リフレクタの飽和強度とそれに関連するレーザモードロック特性は、リフレクタ構造内の特定の場所に量子井戸を配置することにより制御できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1リフレクタと第2リフレクタとその間のゲイン媒体とからなる第1波長レーザで光学ビームを生成するモードロックレーザ装置において、

前記第2リフレクタは、誘電体材料からなる1/4波長厚さのスタック層と、前記スタック層内の1つの層内に配置される量子井戸層とを有し、

前記第2リフレクタは、レーザをモードロックさせるために電磁入射に応答して非線形飽和を提供することを特徴とするモードロックレーザ装置。

【請求項2】 前記1/4波長スタック層は、広バンドギャップ半導体材料と、狭バンドギャップ半導体材料を交互に含む複数の層からなることを特徴とする請求項1の装置。

【請求項3】 前記量子井戸は、前記1/4波長スタックの上部の第1層内に配置されることを特徴とする請求項2の装置。

【請求項4】 前記広バンドギャップ層は、AlGaAsからなり、狭バンドギャップ層は、AlAsからなることを特徴とする請求項3の装置。

【請求項5】 誘電体材料製の1/4波長スタック層と、前記スタック層内の1つの層内に形成される量子井戸層とを有し、前記誘電体層は、電磁入射に応答して非線形飽和を与えることを特徴とする誘電体製ミラー装置。

【請求項6】 前記1/4波長スタック層は、広バンドギャップ半導体材料と、狭バンドギャップ半導体材料を交互に含む複数の層からなることを特徴とする請求項5の装置。

【請求項7】 前記量子井戸は、前記1/4波長スタックの上部の第1層内に配置されることを特徴とする請求項6の装置。

【請求項8】 前記広バンドギャップ層は、AlGaAsからなり、狭バンドギャップ層は、AlAsからなることを特徴とする請求項7の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体素子に関し、特に極短光学パルスを生成するモードロックレーザに用いられる強度依存性のリフレクタに関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体製の可飽和吸収体は、極短の光パルスを生成する半導体レーザ内のモードロック要素としての応用が見いだされている。これらの極短パルスは、ウルトラショートパルスと称し、そのパルス幅は、ピコ秒あるいはピコ秒以下の範囲にある。

【0003】 極短の光学パルスは、高速信号処理および高速データ通信に有益である。この可飽和吸収体が、非線形素子である吸収体がレーザ発振光学キャビティ内あるいはこのレーザ発振光学キャビティ外のいずれかに配

置された時には、レーザ装置をモードロックする機能を果たす。可飽和吸収体は、特定の波長での電磁入射の強度の関数で不透明状態に変化するので、電磁入射に対するシャッターとして機能する。この可飽和吸収体は、全ての弱電磁入射を吸収することができる。電磁入射の強度が飽和強度と称する高レベルに到達すると、電磁入射は可飽和吸収体を通過することができる。一般的にこの可飽和吸収体の減衰は、吸収体が所望の波長で飽和して透明状態になるために比較的低い。

【0004】 半導体製の可飽和吸収体は、ナローバンド応答用およびブロードバンド応答用に製造されている。バルクの半導体材料と多重量子井戸のヘテロ構造体は、ナローバンドの吸収用に用いられ、一方、傾斜バンドギャップ多重量子井戸ヘテロ構造体は、ブロードバンド用に開発されている。このような吸収体素子を量子井戸構造で実現するために、この量子井戸のヘテロ構造体を、半導体の1/4波長スタックリフレクタに成長させている。非共鳴ファブリペロー可飽和吸収体として知られる他の実施例においては、薄いフィルム酸化物部分反射リフレクタスタックが、量子井戸ヘテロ構造体上に堆積され、半導体材料製の1/4波長スタックリフレクタを有するファブリペローエタロンが形成される。この後者の装置においては、可飽和吸収体要素(MQW)は、ファブリペローエタロンの非共鳴部分内応答特性における波長での放射に応答する。この装置は、レーザキャビティとの弱結合を回避しながら、レーザをモードロックするのに用いられる他の多重量子井戸素子よりも低い損失しか生成しない。同様に非共鳴ファブリペロー可飽和吸収体は、さらに余分な装置とそれを実現するための最適化が必要となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 したがって本発明の目的は、光学損失が少なくまたその製造方法が容易な可飽和吸収体を製造することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、標準の半導体製1/4波長スタックリフレクタ内に1つあるいは複数の半導体量子井戸を組み込んだ非線形リフレクタを有する。この非線形リフレクタは、可飽和ブラグリフレクタと称し、強度依存性の応答を示す、この応答特性によりレーザのメインの発振キャビティ内の可飽和吸収体用として使用することができる。非線形リフレクタの飽和強度とそれに関連するレーザモードロック特性は、リフレクタ構造内の特定の場所に量子井戸を配置することにより制御できる。

【0007】

【発明の実施の形態】 可飽和ブラグリフレクタは、高反射率の1/4波長のスタック誘電体リフレクタを有し、そしてこのリフレクタは、1あるいは複数の量子井戸を有し、これらはリフレクタに非線形特性を与えるような

3

所定の位置に配置されている。この構造体は、半導体レーザのようなレーザのメインレーザ発振キャビティ内に直接用いられるような低損失可飽和吸収体として機能する。この量子井戸の位置は、他のファクタと共に可飽和リフレクタの飽和強度を決定する。この素子は、分子線エピタキシにより成長されるだけで、キャビティ内可飽和吸収体として用いるために成長、堆積、酸化等の処理を必要としない。

【0008】本発明の一実施例を図1と2に示し、これらの実施例では、反射構造体内に成長形成された単一の量子井戸を有する。これらの素子は、GaAs基板14上にAlAs/AlGaAs半導体化合物系の形態で形成された層として示されている。

【0009】各素子においてはこのブラグリフレクタは、異なる屈折率を有する材料製の層を交互に重ねた一連の層群を含む。30-40層からなるAlAs/AlGaAsのヘテロ構造対10は、1つの広エネルギーバンドギャップ層と1つの狭エネルギーバンドギャップ層とを30-40対交互に積み重ねたものである。これらの層は、個々の層厚が1/4波長の厚さ（即ち光路長の1/4）の層をスタック状して形成され、これらが反射率が1に近いミラーを形成する。図1、2に示したように30-40対のAlAs/AlGaAs層がリフレクタを形成する。AlGa_{1-x}As_xのモル分率xは広バンドギャップAlAs層13の1.0から狭バンドギャップAlGaAs層12の0.15まで変化する。ここに示した層のシステムは、約850nmの波長範囲で動作するのに適したものである。このリフレクタは、標準の1/4波長のスタック設計であるために各層の光学厚さは所望の動作波長の約1/4でなければならない。量子井戸を有さないリフレクタのみでは光強度とは無関係の反射率を示し、それがレーザキャビティ内に配置されてもモードロッキングを誘導しないしそれに影響も及ぼさない。

【0010】単一量子井戸11は、可飽和吸収特性を示す、即ちモードロッキングに必要な光強度依存性の吸収率を示す。この量子井戸は、低飽和光強度が必要な場合にはリフレクタの上部表面近傍に成長させ（図2）、高飽和光強度が必要な場合にはリフレクタの上部表面より内側に離れた場所に成長させる（図1）。実験結果によれば、高品質のモードロッキングは、リフレクタの電磁入射の強度が非常に高い場合は、最初の1/4波長厚さの層内に配置したときに得られる。この量子井戸は、リフレクタ内の他の場所に配置することもできる。さらに、付属的な量子井戸をリフレクタ内に配置して特定の飽和特性を得るようにすることもできる。この量子井戸は、飽和効果の範囲（バンド幅）に影響を及ぼすように厚さあるいはバンドギャップエネルギーを変えることもできる。

【0011】この量子井戸は、光学信号の定在波パター

4

ンと相互作用するので、層のある選択された対内の特定の場所に量子井戸を配置することにより、飽和光強度に影響を及ぼすことができる。このリフレクタ内における光フィールドの透過の状況を図2に重ねて示す。定在波パターン内の光強度ピーク近傍に、量子井戸を配置することが望ましい。

【0012】リフレクタ内に量子井戸を挿入することにより、単一の高反射のリフレクタによるミラーの特性に何等影響を及ぼすものではない。このブラグリフレクタは、その構造体には量子井戸が間に挿入されてはいるが、依然として単一リフレクタであり、エクロンあるいはキャビティリフレクタとはならない。実験結果によれば、この可飽和ブラグリフレクタの最大反射率は約99.8%で、これは図3のカーブ31に示した通りである。量子井戸が存在することにより、励起波長近傍の可飽和ブラグリフレクタの反射（吸収特性）は、もとの状態xから矢印32で示したように変化させる。

【0013】同図に示したように、量子井戸層は、狭バンドギャップのAlGaAs層内に成長される。この量子井戸のモル分率xを適宜選択することにより、励起子（エキシトン）は、ブラグリフレクタ内の狭バンドギャップ層内のバンドギャップ以下の状態に閉じこめられる。実験結果によれば0.15以下のモル分率が望ましい。約100オングストロームの厚さの量子井戸を実験で用いると約850nmの励起子波長が得られる。

【0014】量子井戸を含むリフレクタ層の厚さは、性能に大きな変化を引き起こすことなく、量子井戸厚さだけ減少した標準の1/4波長厚さに維持することができる。即ち、リフレクタ層内の量子井戸の存在に起因する光学パス長の実際的な変化を補償するような一次近似は必要ないということである。かくして量子井戸層を有するリフレクタ層の全厚さは、量子井戸を有さない同一材料の標準のリフレクタ層の1/4波長の厚さで近似でき、そしてその結果は充分満足できるものである。

【0015】図4は、レーザをモードロックするためにTi:サファイアレーザのメインキャビティ内に配置された可飽和ブラグリフレクタSBRを示す。3mm長さのTi:サファイアロッド46がアルゴンレーザ48によりポンピングされる。このTi:サファイアロッド46は、モードロックレーザに対し光学的ゲインを与える。ミラー47を用いてポンプビームを光学キャビティ内に結合させる。このメインレーザキャビティは、高反射ミラー41と可飽和ブラグリフレクタ49との間に形成される。ミラー44、45を用いて光学信号をゲイン媒体としてのTi:サファイアロッド46を通過させる。プリユースタープリズム42、43は、パルス整形用に用いられる正分散、調整可能な負分散を与える。可飽和ブラグリフレクタ49は、20cmの半径のカーブドミラー50の焦点位置に配置される。レーザにより生成される光学パルスの出力結合は、カーブドミラー50

5

により行われる。このレーザスペクトルは図3のカーブ33で示す。

【0016】可飽和ブラグリフレクタの可飽和により図4のレーザをモードロックし、光学パルスのモードロックシーケンスを生成する。パルス幅は、可飽和ブラグリフレクタの分散とバンド幅特性により決定される。図4の構成は、約90fsのパルス自己相関を有する極短光学パルスを生成する。

【0017】実験的に製作されたこの可飽和ブラグリフレクタは、MBE成長の間発生したシステムティックなエラーの結果として、反射率は、特定のバンドに亘って平坦とはならない。これを図3に示す。可飽和ブラグリフレクタが、特定のバンド幅に亘って上部が平坦な反射スペクトルを有するよう形成された場合には、より広いモードロックのバンド幅が得られる。このような特徴は、レーザの同調に対しより有益である。

【0018】プリユースタープリズム42、43により得られる分散補償は、レーザキャビティから取り除くことができる。この場合約5psのパルス幅がレーザから得られる。モードロックするプロセスの自己スタートは、飽和の非直線性は、電磁入射のエネルギーに基づいており、そしてその光強度には基づいていないために容易に得られる。その結果、モードロックレーザ内の可飽和ブラグリフレクタの使用は、純粹のカーレンズ(Kerr Lenses)を用いたモードロックレーザに対し利点を有する。

【0019】

【発明の効果】短い応答時間を有する素子を生成するために、量子井戸を低温で成長させることもできる。上記の説明においては、III-V属材料系である(AlAs/AlGaAs)が可飽和ブラグリフレクタを製造するために用いられたが、他の材料の組み合わせ例えば、III-V属系のGaAs/InGaAs, InGaAs/InAlAs,

6

GaAs/AlAs, GaAsSb/GaAlAsSb, InGaAsP/InPも用いることができる。これらの半導体材料系においては、レーザはGaAs基板あるいはInP基板に格子整合する。格子不整合の場合には基板材料上に歪層が成長する。さらにまたIII-V属の半導体化合物あるいはIV属の半導体材料の使用もできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による可飽和ブラグリフレクタの第1実施例を表す図

【図2】本発明による可飽和ブラグリフレクタの第2実施例を表す図

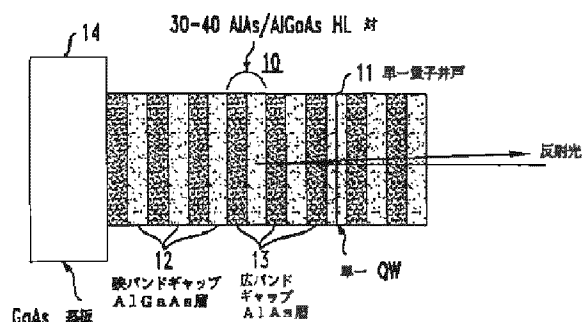
【図3】可飽和ブラグリフレクタの反射カーブを表す図

【図4】レーザモードロックを行うキャビティ内要素として可飽和ブラグリフレクタを有する半導体レーザを表すブロック図

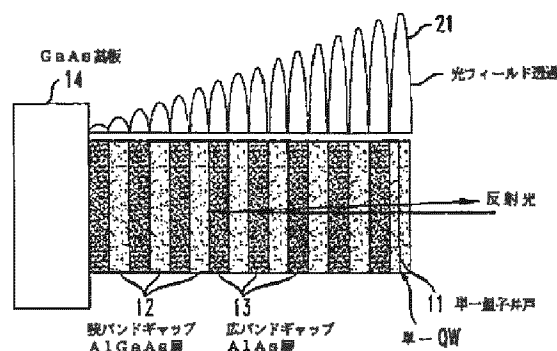
【符号の説明】

- 10 30-40個のAlAs/AlGaAsのヘテロ構造対
- 11 単一量子井戸
- 12 狭バンドギャップAlGaAs層
- 13 広バンドギャップAlAs層
- 14 GaAs基板
- 21 光フィールド透過
- 31 カーブ
- 32 矢印
- 41 高反射ミラー
- 42, 43 プリユースタープリズム
- 44, 45 ミラー
- 46 Ti:サファイアロッド
- 47 レンズ
- 48 アルゴンレーザ
- 49 可飽和ブラグリフレクタ
- 50 カーブドミラー

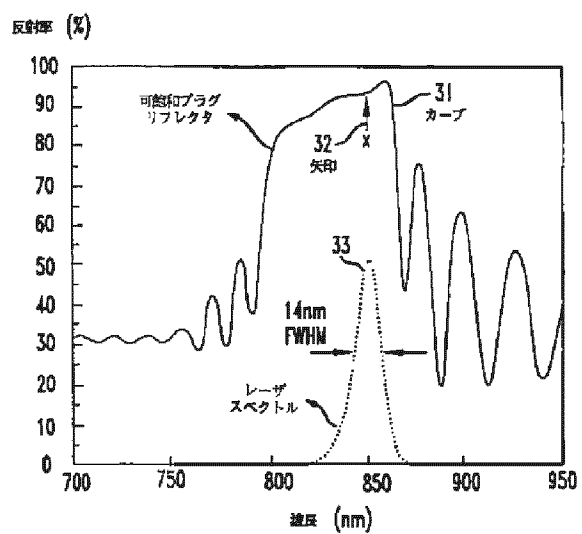
【図1】



【図2】



【図 3】



Received 12/1/00

